

# Vehicle duplex doppler near-obstacle detection apparatus.

**Patent number:** EP0367404  
**Publication date:** 1990-05-09  
**Inventor:** MAY PHILLIP ALAN  
**Applicant:** DELCO ELECTRONICS CORP (US)  
**Classification:**  
**- International:** G01S13/34; G01S13/56; G01S13/93; G01S13/00;  
 (IPC1-7): G01S13/32; G01S13/34; G01S13/56;  
 G01S13/93  
**- european:** G01S13/34L; G01S13/56; G01S13/93C  
**Application number:** EP19890310026 19890929  
**Priority number(s):** US19880265624 19881101

## Also published as:

US4893125 (A)  
 JP2181686 (A)  
 EP0367404 (A)  
 EP0367404 (B)

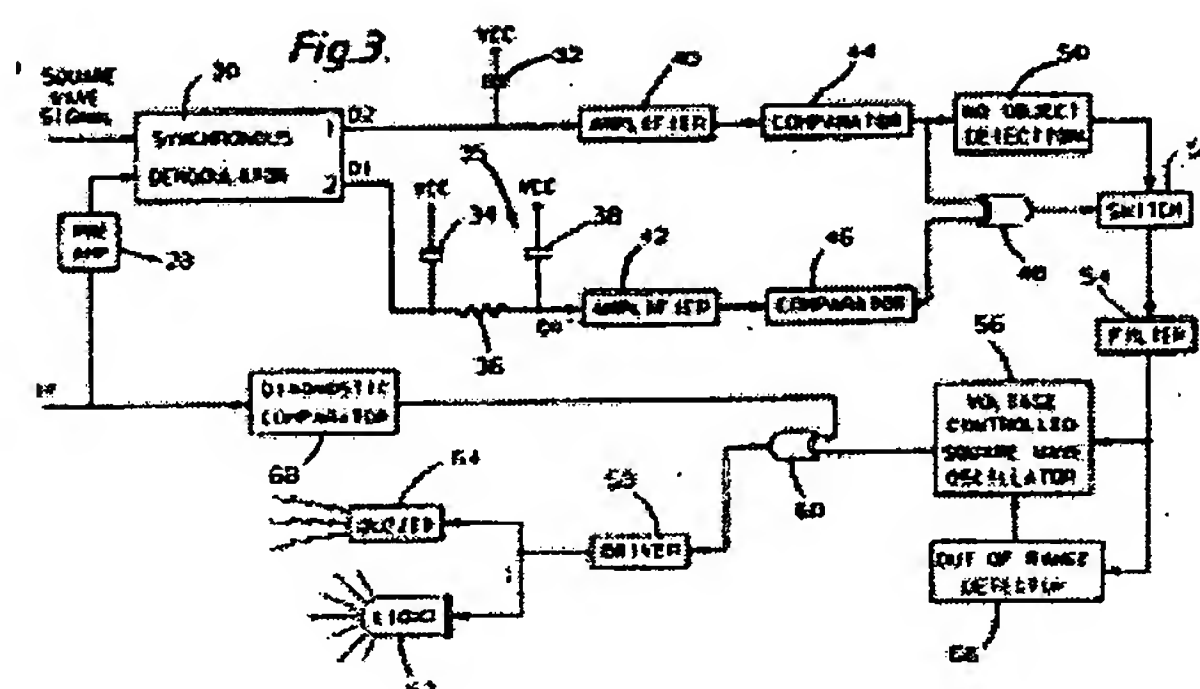
## Cited documents:

US3863253  
 US4078235  
 US3766554  
 US3898655  
 US3659293

Report a data error he

## Abstract of EP0367404

A vehicle near-obstacle detector in the form of a duplex Doppler radar apparatus provides range information between a vehicle and an obstacle based on the phase shift between a pair of Doppler signals (D1,D2) derived from two transmitted radar signals at slightly different frequencies. A speed dependent error introduced by the time constant of a filter circuit (54) converting duty cycle range information based on the phase shift to an analogue signal is compensated by introducing a small time shift (35) in the signal path of one of the Doppler signals to effect a shift in the duty cycle range information.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
**europäischen Patentschrift**

⑧⑦ EP 0 367 404 B1

⑩ **DE 689 13 423 T 2**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 S 13/34**  
G 01 S 13/32  
G 01 S 13/93

②① Deutsches Aktenzeichen:	689 13 423.1
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen:	89 310 026.3
⑧⑥ Europäischer Anmeldetag:	29. 9. 89
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA:	9. 5. 90
⑧⑦ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	2. 3. 94
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	1. 6. 94

DE 689 13 423 T 2

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
01.11.88 US 265624

⑦③ Patentinhaber:  
Delco Electronics Corp. (n.d.Ges.d. Staates  
Delaware), Kokomo, Ind., US

⑦④ Vertreter:  
Manitz, G., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Finsterwald, M.,  
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., 80538 München;  
Rotermund, H., Dipl.-Phys., 70372 Stuttgart; Heyn,  
H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80538  
München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, ES, FR, GB, IT

⑦② Erfinder:  
May, Phillip Alan, Lompoc California 93436, US

⑤④ Fahrzeug-Diplex-Dopplergerät zur Bestimmung der Anwesenheit eines in der Nähe befindlichen Hindernisses.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 689 13 423 T 2

89 310 026.3

Delco Electronics Corporation

Diese Erfindung bezieht sich auf ein Diplex-Doppler-Hindernisnachweisgerät für ein Fahrzeug.

Hindernisnachweisgeräte zum Schaffen einer Anzeige der Entfernung von sich nähernden Objekten und bzw. oder dem Warnen davor sind bekannt. Eine Anwendung für ein solches Gerät ist zum Nachweisen von Objekten in der Nähe eines Automobils. Beispielsweise kann das Fahrzeug ein Nachweisgerät für nahe Hindernisse einsetzen, um den Fahrzeugbediener von der Gegenwart eines Hindernisses hinter dem Fahrzeug beim Zurückbewegen des Fahrzeugs zu alarmieren, oder den Fahrzeugbediener von irgendeinem Hindernis vor dem Fahrzeug unterhalb der Sichtlinie des Bedieners zu alarmieren.

Verschiedene Geräte sind für den Nachweis von nahen Hindernissen vorgeschlagen worden, wie beispielsweise in den US-Patenten 3,863,253 und 3,750,171 gezeigt. Ein solches Gerät wird üblicherweise als ein Diplex-Doppler-Gerät bezeichnet, das in der Lage ist, Entfernung und Relativgeschwindigkeit zwischen dem Fahrzeug und einem Objekt zu verschaffen. Im allgemeinen überträgt ein Diplex-Doppler-Radargerät zwei getrennte RF-Signale, die sich nur leicht in der Frequenz unterscheiden, und empfängt zwei Echosignale, die durch ein Objekt in der Bahn des Fahrzeugs reflektiert werden. Jedes reflektierte Signal wird mit dem entsprechenden übertragenden Signal gemischt, um ein Dopplersignal zu erzeugen, das sich aus der Relativbewegung zwischen dem Fahrzeug und dem Objekt ergibt. Aufgrund der kleinen Veränderung in der Wellenlänge der übertragenen Signale werden die zwei Dopplersignale um einen Betrag voneinander phasenverschoben, der ein direktes Maß des Abstands zum Ziel darstellt.

Beispielsweise ergibt mit einer ersten RF-Frequenz von 10.525 GHz ein Dopplersignal, das aus dem Mischen des erzeugten Signals mit einem von einem Objekt zurückgekehrten Signal resultiert, eine Doppler-Frequenzverschiebung von 19.49 Hz/kph (31.37 Hz/mph). Ein zweites RF-Signal mit einer Frequenz von 10.531 GHz ergibt, wenn es mit einem von einem Objekt zurückgekehrten Signal gemischt wird, eine Doppler-Frequenzverschiebung von 31.38 Hz/mph. Aufgrund der kleinen Änderung in der Wellenlänge ist die Phase des ersten Doppler-Rückkehrsignals für eine gegebene Zielentfernung vom zweiten Doppler-Rückkehrsignal leicht in der Phase verschoben. Je weiter der Abstand zum Target, desto größer die Phasenverschiebung. In diesem Beispiel entspricht eine Phasenverschiebung von null bis 70° einer Entfernung von 0 bis 4.88 m (0 bis 16 ft).

Um die Entfernungsinformation zu extrahieren, schafft das typische Gerät ein Konvertieren der zwei Dopplersignale in zwei Rechtecksignale, die ihrerseits den Eingangsanschlüssen eines exklusiven ODER-Gatters zugeführt werden. Der Ausgang des exklusiven ODER-Gatters ist ein Signal mit einem Tastverhältnis (der Prozentsatz der Pulsbreite zum Gesamtsignalzyklus), das ein direktes Maß für den Abstand zwischen dem Fahrzeug und dem Hindernis darstellt. Das Tastverhältnismodulierte Signal wird dann einem Filterschaltkreis zugeführt, dessen Ausgang eine analoge Spannung mit einem Betrag darstellt, der die Entfernung zwischen dem Fahrzeug und dem Hindernis repräsentiert.

Charakteristisch für das obige Gerät ist, daß ein Filter großer Zeitkonstante erforderlich ist, um die Tastverhältnis-Entfernungsinformation in ein Gleichspannungs-Entfernungssignal mit akzeptierbar geringem Brummen zu konvertieren. Dies ergibt eine signifikante Verzögerung und daher

einen Fehler in der Signalanzeige der Entfernung zu einem sich schnell bewegenden Hindernis. Gemäß dieser Erfindung wird ein Fahrzeugdetektor für nahe Hindernisse in Form eines Duplex-Doppler-Radargeräts wie oben beschrieben geschaffen, das jedoch eine genaue Entfernungsinformation sogar für hohe Relativgeschwindigkeiten zwischen dem Fahrzeug und einem Hindernis schafft.

Zu diesem Zweck ist ein Doppler-Radarsystem gemäß der vorliegenden Erfindung, das durch den Patentanspruch 1 definiert ist, über das US-Patent 3,863,253 hinaus durch die im kennzeichnenden Abschnitt des Patentanspruchs 1 aufgeführten Merkmale gekennzeichnet.

Gemäß den Prinzipien dieser Erfindung ist zu bemerken, daß der Fehler, der durch den das Tastverhältnis-Signal in eine Gleichspannung umwandelnden Filterschaltkreis eingeführt wird, in einem direkten Verhältnis zur Relativgeschwindigkeit zwischen dem Fahrzeug und dem Objekt steht. Insbesondere ist bei niedrigen Geschwindigkeiten die Verzögerung, die durch den Filterschaltkreis eingeführt wird, relativ zur Tastverhältnis-Signalzykluszeit klein und hat dadurch wenig Auswirkung auf die analoge Signalentfernungsanzeige. Jedoch wirkt sich mit zunehmenden Annäherungsraten zwischen dem Fahrzeug und dem Hindernis die durch den Filterschaltkreis eingeführte Verzögerung auf die analoge Signalentfernungsanzeige umso mehr aus, als die Filterzeitkonstante relativ zur Tastverhältnis-Signalzykluszeit zunehmend bedeutend wird.

Da die Entfernung durch die Phasenverschiebung zwischen den zwei Dopplersignalen berechnet wird, schafft die vorliegende Erfindung eine annäherungsraten-abhängige Kompensation für die Verzögerung des Tastverhältnis-zu-Gleichspannung-Konvertierungsfilters durch Einführen einer kleinen Zeitver-



schiebung im Signalweg eines der Dopplersignale, um eine Verschiebung in der Entfernungsanzeige zu bewirken, die am Ausgang des Tastverhältnis-zu-Gleichspannung-Konvertierungsfilters vorgesehen ist. Die Phasenverschiebung des Dopplersignalwegs, der durch diese Zeitverschiebung repräsentiert wird, ist klein bei niedrigen Dopplersignalfrequenzen, die niedrigen Annäherungsgeschwindigkeiten zwischen dem Fahrzeug und dem Hindernis entsprechen, wobei die durch die Zeitverschiebung repräsentierte Phasenverschiebung mit zunehmenden Frequenzen des Dopplersignals ansteigt, die zunehmenden Annäherungsgeschwindigkeiten zwischen dem Fahrzeug und dem Hindernis entsprechen. Diese ansteigende Phasenverschiebung, die durch die Zeitverschiebung mit ansteigenden Frequenzen des Dopplersignals eingeführt wird, stellt eine Kompensation für den ansteigenden Fehler dar, der durch die Verzögerung des Tastverhältnis-zu-Gleichspannung-Konvertierungsfilters mit ansteigenden Frequenzen der Dopplersignale eingeführt wird. Auf diese Weise kann der Fehler des Tastverhältnis-zu-Gleichspannung-Konvertierungsfilters über den Doppler-Frequenzbereich des Radargeräts im wesentlichen eliminiert werden.

Die vorliegende Erfindung wird nun beispielhaft anhand der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung und der beigefügten Zeichnungen beschrieben, in welchen:

- Figur 1            die Anwendung des Doppler-Nachweisgeräts für nahe Hindernisse dieser Erfindung auf ein Wahrnehmen eines Objekts hinter einem Fahrzeug zeigt,
- Figur 2            ein Diagramm ist, das die übertragenen und empfangenen RF-Signale von einem durch das Fahrzeug der Figur 1 getragenen Diplex-Dopp-

ler-Radargeräts zeigt,

Figur 3            ein allgemeines Diagramm des die Prinzipien dieser Erfindung verkörpernden Diplex-Doppler-Radargeräts ist, und

Figur 4            Diagramme verschiedener Wellenformen des Geräts der Figur 3 zeigt.

Das Doppler-Nachweisgerät für nahe Hindernisse dieser Erfindung ist in Figur 1 auf ein Fahrzeug 10 angewendet gezeigt, um ein Hindernis 12 nachzuweisen, das sich bei einem Abstand D von der Rückseite des Fahrzeugs befindet. Offensichtlich ist es wünschenswert, dem Fahrzeugbediener eine Anzeige von der Gegenwart des Hindernisses 12 und seinem Abstand D vom Fahrzeug 10 zu verschaffen, wenn das Fahrzeug 10 rückwärts fährt und auf das Hindernis zu zurückbewegt wird. Das Doppler-Radargerät in dieser Ausführungsform schafft ein Signal (audio, visuell oder beides) mit einer Frequenz, die den Abstand D des Hindernisses 12 hinter dem Fahrzeug 10 anzeigt. Es ist natürlich klar, daß das Doppler-Radargerät verwendet werden kann, um andere als rückwärtige Objekte in der Nähe des Fahrzeugs 10 nachzuweisen, wie beispielsweise Objekte vor dem Fahrzeug, die sich unterhalb der Sichtlinie des Bedieners befinden können.

Das im Fahrzeug 10 von Figur 1 benutzte Doppler-Radargerät stellt wie zuvor beschrieben ein Diplex-Doppler-Dauerstrichradargerät dar. In dieser Form des Geräts werden zwei Dauerstrichsignale von leicht unterschiedlicher Frequenz übertragen, von einem Objekt wie beispielsweise dem Hindernis 12 reflektiert und mit den entsprechenden übertragenen Signalen gemischt. Ein Paar von Dopplersignalen ergibt sich aus einer relativen Bewegung zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12. Die Phasendifferenz zwischen den Dopplersignalen ist

ein direktes Maß des Abstands D zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12.

In Figur 2 ist das Diplex-Doppler-Radargerät allgemein als einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) 14 zum Erzeugen von RF-Signalen einschließlich dargestellt. Der VCO 14 ist durch den Ausgang eines Rechteckwellen-Signalgenerators 16 moduliert, der den VCO 14 mit alternierenden Spannungsniveaus versorgt, um abwechselnd zwei RF-Signale zu erzeugen, die in der Frequenz leicht verschoben sind. In dieser Ausführungsform wird angenommen, daß sich der Spannungsausgang des Rechteckwellen-Signalgenerators 16 zwischen zwei Spannungen verschiebt, die den RF-Signalausgang des VCO 14 veranlassen, zwischen RF-Frequenzen von 10.525 GHz und 10.531 GHz zu schalten. Der Rechteckwellen-Signalgenerator 16 kann die Form eines Schmidt-Trigger-Oszillator-Rechteckwellengenerators annehmen, der eine 30 Mikrosekunden-Periode und eine Schwankung von 25 Millivolt von Spitze zu Spitze aufweist.

Der RF-Signalausgang des spannungsgesteuerten Oszillators 14 wird einer Übertragungsantenne 18 zugeführt, die das zwischen den zwei Frequenzen wechselnde Dauerstrich-RF-Signal vom Fahrzeug 10 nach hinten überträgt. Der VCO 14, der Rechteckwellen-Signalgenerator 16 und die Übertragungsantenne 18 definieren Übertragungsmittel. Falls sich ein Objekt wie beispielsweise das Hindernis 12 hinter dem Fahrzeug befindet, wird das übertragene Signal reflektiert und durch eine Empfangsantenne 20 (Empfangsmittel) empfangen. Das empfangene RF-Signal wird von der Empfangsantenne 20 in einen RF-Eingang einer herkömmlichen Mischeinrichtung 22 eingekoppelt. Ein internes Oszillatorsignal LO wird der Mischeinrichtung 22 mittels einer Koppereinrichtung 24 vom Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators 14 zugeführt. Die Mischeinrichtung 22 und die Koppereinrichtung 24 definieren Mischmittel.



Der Ausgang der Mischeinrichtung 22 stellt ein IF-Signal dar, das die Dopplersignale umfaßt, die jeder der Frequenzen des durch den VCO 14 geschaffenen RF-Signals zugeordnet ist. Dieses IF-Signal wird einem Verarbeitungsschaltkreis 26 zugeführt, der gemäß dieser Erfindung wirksam ist, um hörbare und bzw. oder visuelle Anzeigen der Entfernung D zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12 zu schaffen.

Wenn der RF-Signalausgang des VCO 14 sich bei der höheren Frequenz befindet, ist die Doppler-Frequenz am Ausgang der Mischeinrichtung 22 leicht größer als die Frequenz des Dopplersignal-Ausgangs der Mischeinrichtung 22, wenn die Frequenz des RF-Signalausgangs des VCO 14 sich bei der niedrigeren Frequenz befindet. Wie unten beschrieben kann durch Nachweisen der Phasenverschiebung zwischen diesen beiden Dopplersignalen eine Entfernung D zum Hindernis 12 bestimmt werden.

In Figur 3 sind Details des Verarbeitungsschaltkreises 26 gezeigt. Das IF-Signal von der Mischeinrichtung 22 wird einem Breitband-Vorverstärker 28 zugeführt, dessen Ausgang an einen Synchrondemodulator 30 gekoppelt ist, der durch den Rechteckwellen-VCO-Modulationssignalausgang des Rechteckwellensignalgenerators 16 getrieben wird. Dieses Rechteckwellensignal wird dem Schalteingang des Synchrondemodulators 30 zugeführt. Durch Verwenden des gleichen Rechteckwellensignals vom Rechteckwellensignalgenerator 16, das zum Steuern des VCO 14 verwendet wird, versieht der Synchrondemodulator 30 eine Trennung der den beiden Frequenzen des RF-Signalausgangs des VCO 14 zugeordneten Dopplersignale. Insbesondere schafft der Synchrondemodulator 30 auf einem Ausgang ein Dopplersignal D1 mit einer Frequenz F1, die der höheren RF-Signalfrequenz 10.531 GHz zugeordnet ist, und versieht auf einem zweiten Ausgang ein Dopplersignal D2 mit einer

Frequenz F2, die der niedrigeren RF-Signalfrequenz 10.525 GHz zugeordnet ist.

Um im wesentlichen Dauerstrich-Dopplersignale zu schaffen, wird der Dopplersignal-D2-Ausgang des zweiten Kanals des Synchrondemodulators 30 während des Zeitraums, in dem der erste Kanal ausgewählt wird, mittels eines Kondensators 32 gehalten, der an eine geregelte Spannungsquelle VCC gekoppelt ist. Der Kondensator 32 wird durch das Dopplersignal D2 aufgeladen. Auf ähnliche Weise wird, wenn der zweite Kanal durch das Rechteckwellensignal ausgewählt wird, das Dopplersignal D1 durch einen an die Spannungsquelle VCC gekoppelten und durch das Dopplersignal D1 aufgeladenen Kondensator 34 gehalten. Die sich ergebenden, im wesentlichen kontinuierlichen Dopplersignale sind in Figur 4A gezeigt. Das Dopplersignal D2 ist in der Phase relativ zum Dopplersignal D1 um einen Betrag verschoben, der direkt proportional zum Abstand D zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12 ist.

Der Dopplersignal-D1-Ausgang des zweiten Kanals des Synchrondemodulators 30 wird dann durch einen Zeitverzögerungsschaltkreis 35 (Verzögerungsmittel) zeitverschoben, der einen Widerstand 36 und einen Kondensator 38 umfaßt, die zwischen der geregelten Spannungsquelle VCC und dem Synchrondemodulator 30 gekoppelt sind. Das verschobene Dopplersignal D1' ist an der Verbindung des Kondensators 38 und des Widerstands 36 vorgesehen, und ist in Figur 4A dargestellt. Die durch den Zeitverzögerungsschaltkreis 35 geschaffene Zeitverschiebung ist über den Doppler-Frequenzbereich des Nachweisgeräts für nahe Hindernisse im wesentlichen konstant.

Das Dopplersignal D2 wird durch einen Verstärker 40, und das zeitverschobene Dopplersignal D1' durch einen Verstärker 42 verstärkt. Die Verstärker 40 und 42 sind identisch, und versehen eine Verstärkung der Dopplersignale und können ferner

eine Signalbegrenzung versehen.

Ein Paar von Komparatoren 44 und 46 konvertiert den analogen Signalausgang der Verstärker 40 und 42 in ein Rechteckwellenlogiksignal mit einem 50%-Tastverhältnis bei der Frequenz der einzelnen Dopplersignale D1' und D2. Diese Rechteckwellensignale sind dargestellt durch das Volllinien-Rechteckwellensignal 45 der Figur 4B, das sich von der Zeit  $t_2$  zur Zeit  $t_5$  erstreckt und dem Dopplersignal D1' zugeordnet ist, und das Rechteckwellensignal 47 der Figur 4C, das sich von der Zeit  $t_3$  zur Zeit  $t_6$  erstreckt und dem zeitverschobenen Dopplersignal D2 zugeordnet ist. Die Rechteckwellensignalausgänge der Komparatoren 44 und 46 sind an Eingänge eines exklusiven ODER-Gatters 48 gekoppelt, das Logikausgangssignale schafft, wie durch die Volllinien-Logiksignale der Figur 4D dargestellt. Im allgemeinen schafft der Ausgang des exklusiven ODER-Gatters 48 Signalpulse, die während der nicht-überlappenden Perioden der Dopplersignale D1' und D2 hoch sind. Die Dauer jedes Pulses des Pulsfolgenausgangs des exklusiven ODER-Gatters 48 repräsentiert die Phasenverschiebung zwischen den Dopplersignalen D1' und D2. Die Dauer jedes Pulses (wie von  $t_2$  bis  $t_3$  und von  $t_5$  bis  $t_6$ ) im Verhältnis zu einer Hälfte der Periode der Dopplersignale begründet ein Tastverhältnis-Signal, dessen Tastverhältniswert die Phasenverschiebung zwischen den Dopplersignalen D1' und D2 repräsentiert. Die Verstärker 40, 42, die Komparatoren 44, 46 und das exklusive ODER-Gatter 48 definieren Erzeugungsmittel.

In der vorliegenden Ausführungsform schafft ein Kein-Objekt-Nachweisschaltkreis 50 einen Ausgang zum Steuern eines Schalters 52, der in Abhängigkeit davon, ob ein Hindernis 12 hinter dem Fahrzeug 10 wahrgenommen wird, leitend oder nicht-leitend gesteuert wird. Im allgemeinen stellt der Kein-Objekt-Nachweisschaltkreis 50 das Nichtvorhandensein

eines Hin- und Her-Schaltens des Ausgangs des Komparators 44 fest, um den Schalter 52 zu steuern. Unter der Annahme, daß ein Objekt vorliegt zusammen mit einer Relativbewegung zum Hindernis 12, was das Dopplersignal D2 und ein Schalten im Ausgang des Komparators 44 ergibt, steuert der Kein-Objekt-Nachweisschaltkreis 50 den Schalter 52 in einen leitenden Zustand, um den Ausgang des exklusiven ODER-Gatters 48 an einen Filter 54 zu koppeln.

Wie zuvor beschrieben, stellt der an den Filter 54 gekoppelte Ausgang des exklusiven ODER-Gatters 48 ein Tastverhältnissignal dar, das ein direktes Maß der Phasenverschiebung zwischen den Dopplersignalen D1 und D2 ist. Da diese Phasenverschiebung zwischen den Dopplersignalen D1 und D2 (und daher zwischen den Dopplersignalen D1 und D2) proportional zur Entfernung ist, ist das Tastverhältnissignal ebenfalls proportional zur Entfernung. Da die Frequenz der Dopplersignale D1 und D2 proportional zur Annäherungsrate zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12 ist, ist auch die Frequenz des Tastverhältnissignals der Figur 4D ebenfalls proportional zur Entfernung. Die Funktion des Filters 54 ist es, das Tastverhältnissignal in eine Gleichspannungs-Analogentfernungsspannung mit einem Wert zu konvertieren, der ein Maß des Abstands D ist.

Bei niedrigen Relativgeschwindigkeiten zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12 ist die Frequenz der Dopplersignale niedrig. Bei nahen Abständen ist das Tastverhältnis des Tastverhältnis-Signalausgangs des exklusiven ODER-Gatters 48 klein. Um ein den Abstand D repräsentierendes Gleichspannungs-Analogentfernungssignal am Ausgang des Filters 54 zu schaffen, und nicht gleichzeitig ein übermäßiges Brummen aufzuweisen, ist es wegen dieser Bedingungen notwendig, daß der Filter 54 eine große Zeitkonstante aufweist. Zum Beispiel kann dieser Schaltkreis typischerweise eine Zeitkon-

stante von einer halben Sekunde aufweisen. Diese große Zeitkonstante führt eine Verzögerung oder einen Fehler ein zwischen dem Tastverhältnis des Signals am Eingang zum Filter 54 und dem den Tastverhältniswert des Eingangstastverhältnisses repräsentierenden analogen Entfernungsspannungsausgang, wenn sich das Tastverhältnis ändert. Während die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12 ansteigt, steigt die Verzögerung oder der Fehler zwischen dem Tastverhältnis und dessen analoger Entfernungsspannungsdarstellung an. Die Zeitverschiebung zum durch den Zeitverzögerungsschaltkreis 35 geschaffenen Dopplersignal D1, die das Dopplersignal D1' ergibt, kompensiert wie unten beschrieben den frequenzabhängigen Fehler, der durch den Filter 54 eingeführt wird, so daß der analoge Signalausgang des Filters 54 eine genaue Darstellung der Phasenverschiebung zwischen den Dopplersignalen D1 und D2 und damit des Abstands D zum Objekt ist.

Der analoge Entfernungsspannungsausgang des Filters 54, der die Entfernung D zum Hindernis 12 repräsentiert, wird einem spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillator 56 zugeführt, der wirksam ist, um ein Rechteckwellensignal mit einer Frequenz umgekehrt proportional zur Entfernung D zum Hindernis 12 zu erzeugen. Der spannungsgesteuerte Rechteckwellenoszillator 56 kann die Form eines Integrators mit gleichen Auflade- und Entladeströmen annehmen. Der Integrator wird so gesteuert, daß er alternierend von einem konstanten Referenzsignal zum analogen Entfernungsspannungsausgang des Filters 54 aufgeladen und zum konstanten Referenzwert entladen wird. Die Auflade- und Entladezustände des Integrators können durch einen Komparator gesteuert werden, der den Integratorausgang mit dem konstanten Referenzsignal vergleicht, wenn der Integrator sich entlädt, und mit der analogen Entfernungsspannung, wenn der Integrator sich auflädt. Der Ausgang des Komparators umfaßt den Rechteckwellenausgang



des spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillators 56. Der analoge Entfernungsspannungsausgang des Filters 54 ist daher umso höher, je niedriger die Oszillationsfrequenz des spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillators 56 ist. Wenn das Hindernis 12 dem Fahrzeug 10 näher kommt, sinkt der analoge Entfernungsspannungsausgang des Filters 54 ab, so daß die Auflade- und Entladezeiten zwischen dem Referenzwert und der analogen Entfernungsspannung absinken, was einen Anstieg im Frequenzausgang des spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillators 56 ergibt.

Der Signalausgang des spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillators 56 ist durch ein ODER-Gatter 60 an einen Treiberschaltkreis 58 gekoppelt. Der Ausgang des Treiberschaltkreises 58 treibt seinerseits einen visuellen Anzeiger wie beispielsweise ein Lampe 52 und einen hörbaren Anzeiger wie beispielsweise einen piezoelektrischen Summer 64. Unter der Annahme, daß sich der zweite (zu beschreibende) Eingang zum ODER-Gatter 60 auf logisch 0 befindet, erregt der Ausgang des spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillators 56 periodisch den Summer 64 und die Lampe 62 mit einer Frequenz, die umgekehrt proportional zur Entfernung  $D$  ist, um eine visuelle und hörbare Anzeige zum Bediener von der Gegenwart eines Hindernisses 12 und durch die Beobachtung der Frequenz der visuellen oder Audio-Signale den relativen Abstand  $D$  des Hindernisses 12 vom Fahrzeug 10 zu schaffen.

Die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung schließt weiter einen Außer-Reichweite-Detektor 66 ein, der wirksam ist, um den Maximalabstand und damit den Minimalfrequenzausgang des spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillators 56 zu begrenzen. Diese Begrenzung wird einfach dadurch geschaffen, daß die Amplitude des die Entfernung repräsentierenden analogen Ausgangs des Filters 54 gemessen und der Signaleingang zum spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillator 56 begrenzt

wird. Das Gerät schließt weiter einen diagnostischen Komparator 68 ein, der das Gleichspannungsversatzniveau des IF-Signals überwacht. Falls der Gleichspannungsversatz größer als ein vorbestimmtes gewisses Niveau ist, das eine blockierte Antenne anzeigt, führt der diagnostische Komparator 68 ein Logisch-1-Signal dem ODER-Gatter 60 zu, dessen Ausgang auf einem hohen Niveau aufrechterhalten wird, um den Summer 64 und die Lampe 62 kontinuierlich zu erregen und somit eine Anzeige der blockierten Antenne zu schaffen.

Um die Erfindung zu erläutern, wird als erstes angenommen, daß der Zeitverzögerungsschaltkreis 35 nicht vorgesehen ist. Unter dieser Bedingung wird das Dopplersignal D1 zum Verstärker 42 geführt, was das durch eine gestrichelte Linie dargestellte Rechteckwellensignal 70 der Figur 4B ergibt, welches zur Zeit  $t_1$  beginnt und zur Zeit  $t_4$  endet. Das resultierende Tastverhältnissignal am Ausgang des exklusiven ODER-Gatters 48 wird in Figur 4D durch die digitalen Pulse repräsentiert, die sich von der Zeit  $t_1$  zur Zeit  $t_3$  und von der Zeit  $t_4$  zur Zeit  $t_6$  erstrecken. Das durch diese Pulse repräsentierte Tastverhältnis ist ein direktes und genaues Maß der tatsächlichen Entfernung D zwischen dem Hindernis 12 und dem Fahrzeug 10. Der Filter 54 konvertiert dann das Signal in das zuvor beschriebene analoge Gleichspannungsentfernungssignal. Jedoch aufgrund der großen Zeitkonstante des Filters 54 bleibt die durch den analogen Entfernungssignalwert repräsentierte Entfernung hinter dem tatsächlichen Abstand zurück, der durch den Tastverhältnisausgang des exklusiven ODER-Gatters 48 repräsentiert wird. Infolgedessen ist der durch das analoge Entfernungssignal repräsentierte Abstand zu groß, während der Abstand abnimmt. Wie angedeutet nimmt der Umfang der Verzögerung und damit des Fehlers in der durch das analoge Entfernungssignal repräsentierten Entfernung mit zunehmenden Annäherungsgeschwindigkeiten zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12 zu. Insbesondere

während das Fahrzeug 10 sich auf das Hindernis 12 zu zurückbewegt, nimmt das Tastverhältnis des Signalausgangs des exklusiven ODER-Gatters 48 mit einer Rate ab, die von der Annäherungsgeschwindigkeit abhängt. Jedoch bleibt die Abnahme im analogen Entfernungssignalausgang des Filters 54 hinter der Abnahme im Tastverhältnis um einen Betrag zurück, der von der Annäherungsgeschwindigkeit abhängt, so daß der analoge Signalausgang des Filters 54 einen größeren als den tatsächlichen Wert der Entfernung  $D$  repräsentiert. Damit wird die Frequenz des spannungsgesteuerten Rechteckwellenoszillators 56 und damit des Summers 64 und der Lampe 62 eine Entfernung repräsentieren, die größer als die tatsächliche Entfernung ist.

Diese Erfindung versieht eine Kompensation des durch den Filter 54 eingeführten Doppler-Frequenzfehlers, indem durch den Zeitverzögerungsschaltkreis 35 die konstante Zeitverschiebung im Dopplersignal  $D1$  eingeführt wird. Diese Verzögerung ergibt das phasenverzögerte Dopplersignal  $D1'$ , welches seinerseits die künstliche Abnahme im Tastverhältnis des Tastverhältnisentfernungssignals vom exklusiven ODER-Gatter 48 ergibt. Diese Abnahme im Tastverhältnis ist in Figur 4D dargestellt, worin die Pulsbreite für den gleichen Abstand  $D$  von  $t_1$  bis  $t_3$  auf  $t_2$  bis  $t_3$  und von  $t_4$  bis  $t_6$  auf  $t_5$  bis  $t_6$  vermindert ist. Diese künstliche Abnahme im Tastverhältnisausgang des exklusiven ODER-Gatters 48 ist wirksam, um den Wert des analogen Entfernungssignalausgangs des Filters 54 zu vermindern und somit den durch seine große Zeitkonstante eingeführten Fehler zu kompensieren. Wie zu sehen ist, schafft die konstante Zeitverzögerung, die durch den Zeitverzögerungsschaltkreis 35 in Verbindung mit der ansteigenden Frequenz der Dopplersignale  $D1$  und  $D2$  auferlegt wird, während die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12 zunimmt, eine geschwindigkeitsabhängige Kompensation. Durch sorgfältige Auswahl der durch die

Schaltkreiselemente 36 und 38 geschaffenen Zeitverschiebung kann die Phasenverschiebung zum Dopplersignal D1 bemessen werden, um die Verzögerung des Tastverhältnis-zu-Gleichspannung-Konverters in der Form des Filters 54 über den gesamten Bereich von Relativgeschwindigkeiten zwischen dem Fahrzeug 10 und dem Hindernis 12 zu kompensieren.

89 310 026.3

### Patentansprüche

1. Ein Doppler-Radargerät für ein Fahrzeug (10) zum Anzeigen eines Abstands (D) zwischen dem Fahrzeug und einem Hindernis (12), während sich das Fahrzeug dem Hindernis nähert, wobei das Gerät umfaßt Übertragungsmittel (14, 16, 18) zum Übertragen eines Radarsignals abwechselnd bei ersten und zweiten Frequenzen, Empfangsmittel (20) zum Empfangen des vom Hindernis reflektierten übertragenen Radarsignals, Mischmittel (22, 24) zum Mischen der übertragenen und empfangenen Radarsignale, um erste und zweite Dopplersignale (D1, D2) zu erzeugen, die eine Phasendifferenz aufweisen, die ein Maß des Abstands zum Hindernis darstellt, und die jedes eine Frequenz aufweist, die direkt mit der Rate variiert, mit der sich das Fahrzeug dem Hindernis nähert, Erzeugungsmittel (40 - 48) zum Erzeugen eines Tastverhältnissignals, das aus wiederholten Pulsen besteht, die eine direkt mit der Frequenz der Dopplersignale variierende Frequenz aufweisen, und einen Filter 54 zum Konvertieren des Tastverhältnissignals in ein analoges Signal mit einem den Abstand zwischen dem Fahrzeug und dem Hindernis repräsentierenden Wert, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Puls des durch die Erzeugungsmittel erzeugten Tastverhältnissignals eine Dauer aufweist, die gleich einer ersten Zeit ist, die gleich der Phasendifferenz zwischen den Dopplersignalen und daher ein Maß des Abstands zum Hindernis ist, abzüglich einer zweiten Zeit, so daß das Tastverhältnissignal den Abstand zum Hindernis abzüglich eines Versatzabstands repräsentiert, der durch die zweite Zeit bestimmt ist, wobei der durch die zweite Zeit bestimmte Versatzabstand in direktem Zusammenhang zu



der Rate steht, mit der sich das Fahrzeug dem Hindernis nähert, und daß der Filter eine vorbestimmte Zeitkonstante aufweist, die den Abstand ergibt, der durch den Wert des analogen Signals repräsentiert wird und größer als der durch das Tastverhältnissignal repräsentierte Abstand um einen Betrag ist, der in direktem Zusammenhang zu der Rate steht, mit der sich das Fahrzeug dem Hindernis nähert, wobei die zweite Zeit gleich einem vorbestimmten konstanten Wert ist, so daß der Versatzabstand im wesentlichen gleich der Verzögerung im durch den Wert des analogen Signals repräsentierten Abstand ist, wodurch das analoge Signal eine Anzeige des Abstands zum Hindernis schafft.

2. Ein Doppler-Radargerät wie in Anspruch 1 beansprucht, welches weiter Mittel (56) zum Konvertieren des analogen Signals in ein Pulssignal mit einer Frequenz umgekehrt proportional zum Wert des analogen Signals und Anzeigemittel (62, 64) einschließt, die durch das Pulssignal erregt werden, um eine variable Frequenzanzeige des Abstands (D) zum Hindernis (12) zu schaffen, wobei die Frequenz der variablen Frequenzanzeige des Abstands mit einem abnehmenden Abstand zum Hindernis zunimmt.
3. Ein Doppler-Radargerät wie in Anspruch 1 oder 2 beansprucht, worin die zweite Frequenz geringer ist als die erste Frequenz, worin die ersten bzw. zweiten Dopplersignale (D1, D2) den ersten bzw. zweiten Frequenzen entsprechen, welches ferner Verzögerungsmittel (35) zum Verzögern des ersten Dopplersignals (D1) um eine vorbestimmte konstante Zeit einschließt, um ein drittes Dopplersignal (D1') zu erzeugen, wobei die dritten und zweiten Dopplersignale (D1', D2) eine Phasendifferenz aufweisen, die geringer ist als die Phasendifferenz zwischen den ersten und zweiten Dopplersignalen (D1, D2), die mit zunehmenden

Frequenzen der ersten und zweiten Dopplersignale ( $D_1$ ,  $D_2$ ) zunimmt, so daß die Phasendifferenz zwischen den dritten und zweiten Dopplersignalen ( $D_1'$ ,  $D_2$ ) einen künstlichen Abstand repräsentiert, der geringer ist als der tatsächliche Abstand um einen Betrag, der mit zunehmenden Frequenzen der ersten und zweiten Dopplersignale ( $D_1$ ,  $D_2$ ) zunimmt, worin das Erzeugungsmittel Konvertierungsmittel (44, 46) zum Konvertieren der dritten bzw. zweiten Dopplersignale ( $D_1'$ ,  $D_2$ ) in erste bzw. zweite Rechteckwellensignale (45, 47), wobei die ersten und zweiten Rechteckwellensignale nicht-überlappende Perioden aufweisen, die ein Maß der Phasendifferenz zwischen den dritten und zweiten Dopplersignalen ( $D_1'$ ,  $D_2$ ) darstellen, und Mittel (48) einschließt zum Erzeugen eines Pulssignals während jeder der nicht-überlappenden Perioden der ersten und zweiten Rechteckwellensignale, um das Tastverhältnissignal mit einem Tastverhältnis zu bilden, das ein Maß der Phasendifferenz zwischen den dritten und zweiten Dopplersignalen ( $D_1'$ ,  $D_2$ ) und daher den künstlichen Abstand darstellt, und worin die vorbestimmte Zeitkonstante des Filters 54 den durch das analoge Signal repräsentierten Abstand ergibt, der hinter dem durch das Tastverhältnissignal repräsentierten künstlichen Abstand um einen Betrag zurückbleibt, der in direktem Zusammenhang zu der Rate steht, mit der sich das Fahrzeug dem Hindernis nähert, wobei die vorbestimmte Zeitkonstante einen Wert derart aufweist, daß der Betrag, um den der künstliche Abstand geringer ist als der tatsächliche Abstand, im wesentlichen gleich der Verzögerung im durch das analoge Signal repräsentierten Abstand ist, wodurch das analoge Signal eine Anzeige des Abstands zum Hindernis schafft.

Fig.1.

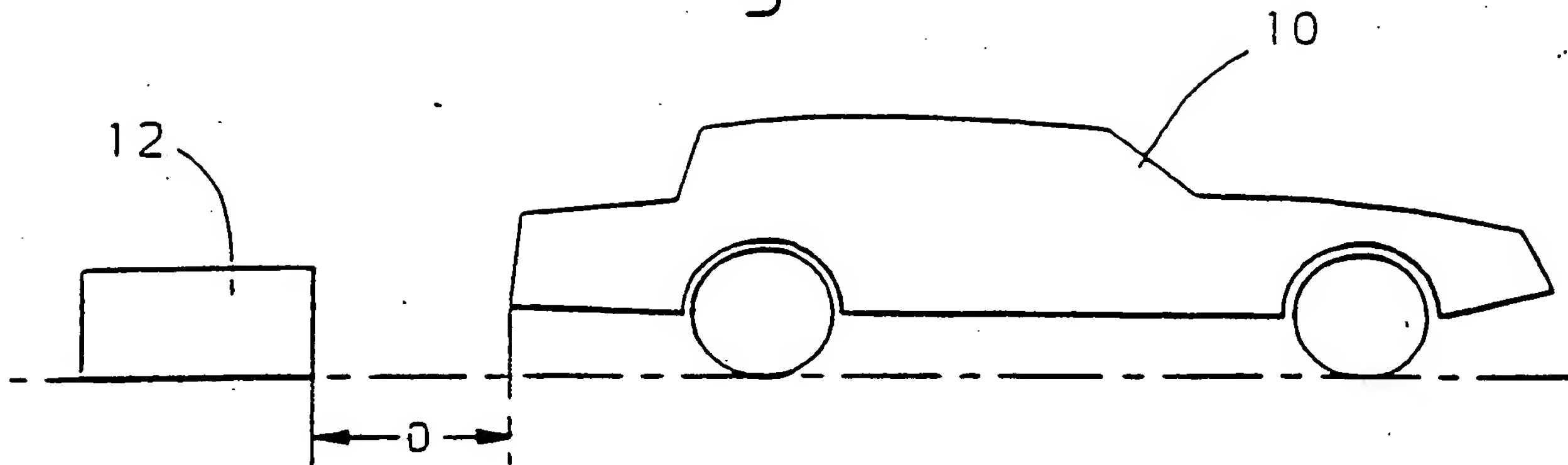


Fig.2.

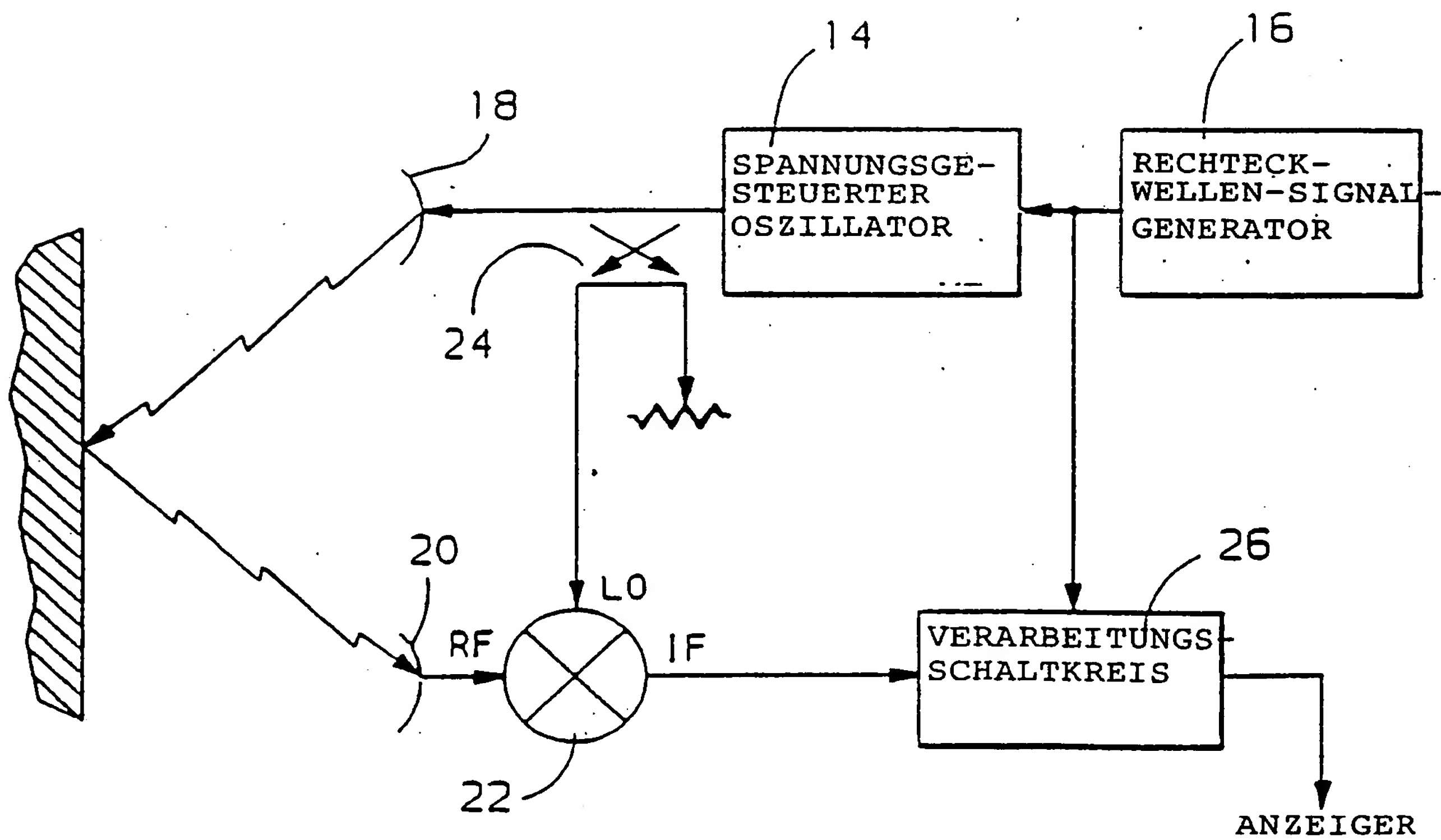


Fig. 3.

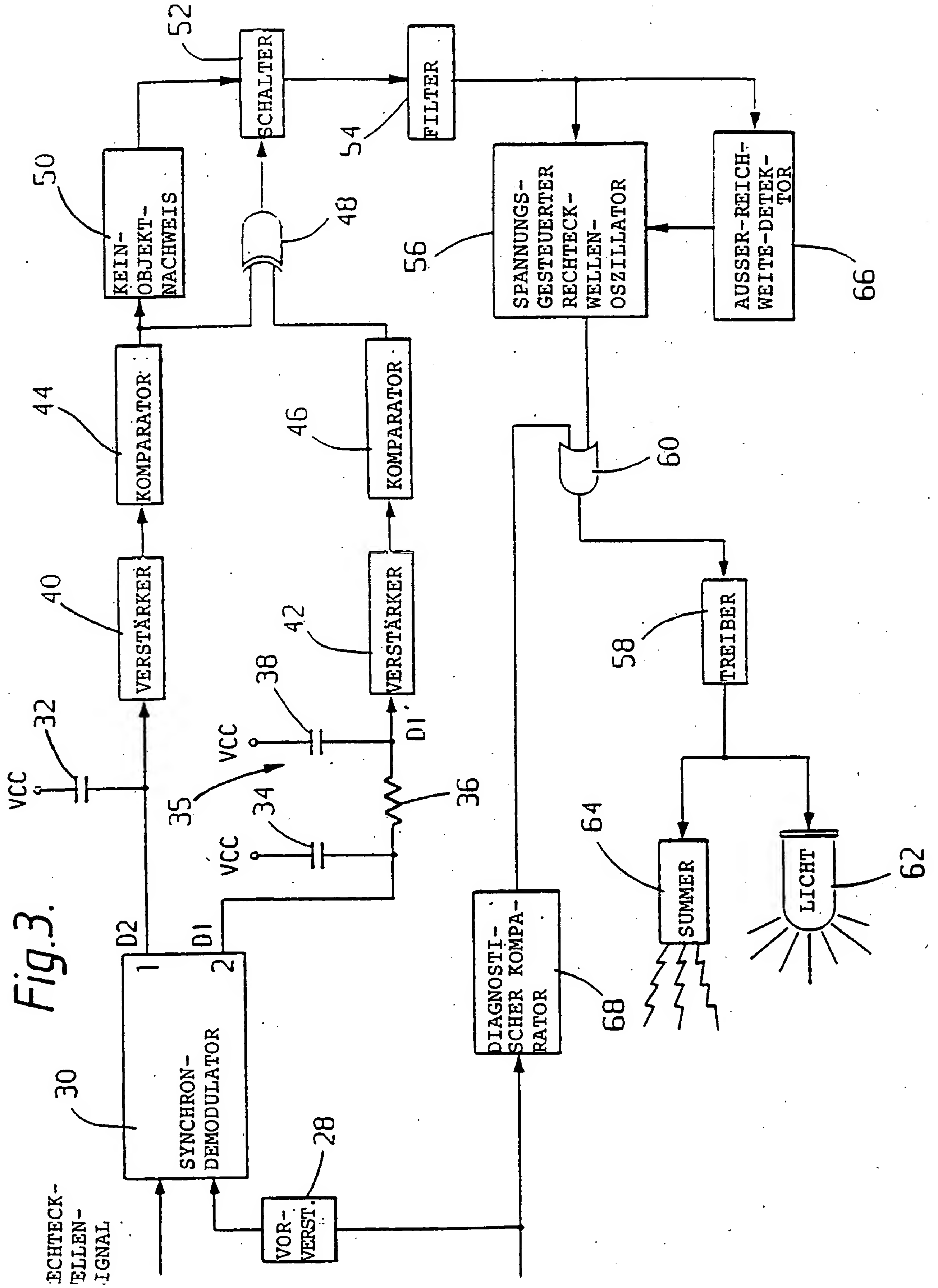


Fig.4.

